

木兰科 16 种含笑属植物的花粉形态

郝佳波^{1,2}, 司马永康^{1,2*}, 徐涛³, 朱云凤¹, 马惠芬^{1,2}, 吴涛^{1,2}, 尹五元⁴

(1 云南省林业科学院, 昆明 650201; 2 国家林业局重点开放性实验室云南珍稀濒危森林植物保护和繁育实验室/云南省森林植物培育与开发利用重点实验室, 昆明 650201; 3 云南大学 生命科学学院, 昆明 650091; 4 西南林业大学, 昆明 650224)

摘要: 该研究对含笑属 5 组 16 种植物(其中: 峨眉含笑、多脉含笑、蕤和含笑、毛果含笑、南亚含笑、展毛含笑、阔瓣含笑和壮丽含笑等 8 种为首次报道)的花粉样品进行了扫描电子显微镜观测, 并对其花粉粒形态及大小性状进行统计分析, 以揭示木兰科含笑属植物的花粉形态特征, 探讨其系统分类学意义。结果显示: 含笑属植物的花粉粒形态均为两侧对称, 异极, 具 1 远极单沟萌发孔, 沟长几乎达两端, 极面观为椭圆状, 赤道面观为舟状, 表面无脊或具脊; 含笑属花粉粒表面小穿孔的密度为 $0.002\ 5\sim 1.500\ 0$ 个/ μm^2 , 最长轴长为 $30.69\sim 58.02\ \mu\text{m}$ 、变异系数为 $2.85\%\sim 8.20\%$, 最短赤道轴长为 $15.29\sim 31.29\ \mu\text{m}$ 、变异系数为 $4.29\%\sim 15.53\%$, 轴比值为 $1.43\sim 2.69$ 、变异系数为 $2.53\%\sim 13.00\%$ 。经组间、种间和种内比较, 含笑属植物的花粉粒仅在小穿孔密度和 3 个大小性状上存在一定的种间分类学价值。

关键词: 木兰科; 含笑属; 花粉形态; 孢粉学

中图分类号: Q944.58

文献标志码: A

Pollen Morphology of 16 Species of the Genus *Michelia* in Magnoliaceae

HAO Jiabo^{1,2}, SIMA Yongkang^{1,2*}, XU Tao³, ZHU Yunfeng¹,

MA Huifen^{1,2}, WU Tao^{1,2}, YIN Wuyuan⁴

(1 Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650201, China; 2 Yunnan Laboratory for Conservation of Rare, Endangered & Endemic Forest Plants, Public Key Laboratory of the State Forestry Administration/Yunnan Provincial Key Laboratory of Cultivation and Exploitation of Forest Plants, Kunming 650201, China; 3 School of Life Science, Yunnan University, Kunming 650091, China; 4 Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: In order to better grasp the characteristics of the pollen morphology of the genus *Michelia* Linnaeus and to discuss the taxonomic significance, pollens from 16 species in 5 sections of *Michelia* Linnaeus were observed by scanning electron microscope, and then the data of morphological and size characters of the pollens were collected and analyzed. Eight of the species, *M. wilsonii*, *M. coriacea*, *M. amabilis*, *M. spaerantha*, *M. doltsopa*, *M. macclurei* var. *sublancea*, *M. platypetala* and *M. lacei*, were reported for the first time. The results showed that the pollen shapes of the genus *Michelia* were symmetrical on both sides, hemimorphic with 1 aperture that was far-pole, single-channel, and almost as long as the pollen, elliptical in the polar view and cymbiform in the equatorial view with or without ridges on the surfaces. The densities of perforations on the tectum surfaces were $0.002\ 5\sim 1.500\ 0$ perforation(s)/ μm^2 . The longest axis were $30.69\sim 58.02\ \mu\text{m}$ long and their variation coefficients were $2.85\%\sim 8.20\%$. The shortest equatorial axis were $15.29\sim 31.29\ \mu\text{m}$ long and their variation coefficients were $4.29\%\sim 15.53\%$. The axial ratios were $1.43\sim 2.69$ and their variation coefficients were $2.53\%\sim 13.00\%$. It was discovered that the densities of perforations and 3 characters of the sizes were valuable in the classification of some species with the comparisons among sections and species and within species.

Key words: Magnoliaceae; *Michelia* Linnaeus; pollen morphology; palynology

收稿日期: 2015-06-16; 修改稿收到日期: 2015-09-06

基金项目: 国家自然科学基金(30660154, 31060096); 云南省中青年学术和技术带头人后备人才培养项目(2012HB025); 国际木兰学会项目

作者简介: 郝佳波(1981—), 男, 研究实习员, 硕士, 主要从事植物学和生态学方面的研究。E-mail: jj2000ms@163.com

* 通信作者: 司马永康, 研究员, 博士, 主要从事木兰科植物分类学、资源植物学和保护生物学研究。E-mail: simayk@163.com

含笑属(*Michelia* Linnaeus)是一类具有十分重要实际利用价值的木本资源植物,是举世闻名的园林观赏、工业用材、药材和香原料树种^[1-3]。根据司马永康和陆树刚系统,含笑属是木兰科(Magnoliaceae)中的最大类群^[4-5],全球有 60~70 种^[4-15],主要分布于亚洲南部和东南部至日本的热带、亚热带和温带地区,尤其集中分布于中国西南、华南和北部湾地区^[3,7],适宜生长于温暖湿润气候、酸性土壤,为常绿阔叶林的重要组成树种。

随着孢粉学的发展,大量的花粉资料显示,花粉形态是进行被子植物系统分类的重要依据之一,尤其在科至种等各个分类阶层都有很好的分类价值。在被子植物系统研究中,孢粉学能在短时间内,利用很少资料获得大量信息,在这一点上,其它研究都无法比拟^[16]。而含笑属作为木兰科下的一个类群,至今其属下分类尚未统一,且属的概念仍需界定^[5]。有关含笑属植物花粉形态的研究,虽然国内外已有报道^[17-24],但目前的资料仍十分有限,除部分种尚未见报道外,已报道种也存在研究样本有限的问题,这

可能导致现有数据与实际的变异范围不一致,而将其应用于分类学研究时就易出现偏差。本研究采用扫描电子显微镜技术对 16 种含笑属植物花粉粒表面进行细微观察,以进一步明确含笑属植物花粉形态的变异范围,为木兰科的系统分类学等研究提供更多的孢粉学证据。

1 研究方法

1.1 研究材料

研究材料(表 1)花粉采自云南省昆明树木园、昆明植物园以及昆明金殿公园,共采集 16 种含笑属植物花粉,每种采集 1 至 2 个样本。为保证花粉的成熟度相同,花粉均采自即将开放的花内,同时采集凭证标本,并收藏于国家林业局开放性重点实验室云南珍稀濒危森林植物保护和繁育实验室标本馆(YCP)。在本研究中,含笑属的范围参照当今分子系统学研究最新成果^[25]最支持的司马永康和陆树刚系统^[4],而含笑属组的划分则采用 Chen 等系统^[12],但种类在组的归属上,除观光木组外,均依据

表 1 花粉采集地及凭证标本
Table 1 The pollen collection site and its voucher

组别 Sect.	编号 Code	类群 Species	采集地 Origin	凭证标本 Voucher
含笑组 <i>Michelia</i> Linnaeus sect. <i>Michelia</i>	1	南亚含笑 <i>Michelia doltsoa</i> Buchanan-Hamilton ex De Candolle		郝佳波 01 HAO Jiabo 01
	2	南亚含笑 <i>Michelia doltsoa</i> Buchanan-Hamilton ex De Candolle		郝佳波 63 HAO Jiabo 63
	3	多花含笑 <i>Michelia floribunda</i> Finet et Gagnepain	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 57 HAO Jiabo 57
	4	毛果含笑 <i>Michelia spaerantha</i> C. Y. Wu ex Z. S. Yue		郝佳波 55 HAO Jiabo 55
	5	峨眉含笑 <i>Michelia wilsonii</i> Finet et Gagnepain		郝佳波 06 HAO Jiabo 06
含笑属含笑组 <i>Michelia</i> sect. <i>Micheliopsis</i> (Baillon) Dandy	6	葛和含笑 <i>Michelia amabilis</i> (Sima et Y. H. Wang) Y. M. Shui	昆明金殿公园 Kunming Jindian Garden	郝佳波 56 HAO Jiabo 56
	7	含笑 <i>Michelia figo</i> (Loureiro) Sprengel	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 53 HAO Jiabo 53
	8	云南含笑 <i>Michelia yunnanensis</i> Franchet ex Finet et Gagnepain	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 03 HAO Jiabo 03
	9	云南含笑 <i>Michelia yunnanensis</i> Franchet ex Finet et Gagnepain	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 64 HAO Jiabo 64
含笑属双被组 <i>Michelia</i> sect. <i>Dichlamys</i> Dandy	10	乐昌含笑 <i>Michelia chapensis</i> Dandy	昆明植物园 Kunming Botanical Garden	郝佳波 31 HAO Jiabo 31
	11	多脉含笑 <i>Michelia coriacea</i> H. T. Chang et B. L. Chen	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 52 HAO Jiabo 52
	12	多脉含笑 <i>Michelia coriacea</i> H. T. Chang et B. L. Chen	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 61 HAO Jiabo 61
	13	美毛含笑 <i>Michelia caloptila</i> Y. W. Law et Y. F. Wu	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 51 HAO Jiabo 51
	14	壮丽含笑 <i>Michelia lacei</i> W. W. Smith	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 60 HAO Jiabo 60
	15	醉香含笑 <i>Michelia macclurei</i> Dandy	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 54 HAO Jiabo 54
	16	展毛含笑 <i>Michelia macclurei</i> var. <i>sublanea</i> Dandy	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 62 HAO Jiabo 62
	17	展毛含笑 <i>Michelia macclurei</i> var. <i>sublanea</i> Dandy	昆明植物园 Kunming Botanical Garden	郝佳波 50 HAO Jiabo 50
	18	深山含笑 <i>Michelia maudiae</i> Dunn	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 59 HAO Jiabo 59
含笑属观光木组 <i>Michelia</i> sect. <i>Tsoongiodendron</i> (Chun) Nootboom et B. L. Chen	19	阔瓣含笑 <i>Michelia platypetala</i> Handel-Mazzetti	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 58 HAO Jiabo 58
	20	观光木 <i>Michelia odorum</i> (Chun) Nootboom et B. L. Chen	昆明树木园 Kunming Arboretum	郝佳波 07 HAO Jiabo 07

注:南亚含笑 1 和 2、云南含笑 8 和 9、多脉含笑 11 和 12 分别来自同一居群不同单株且采自不同年份,展毛含笑 16 和 17 来自不同居群。
Note: Code 1 and 2 of *Michelia doltsoa*, Code 8 and 9 of *Michelia yunnanensis*, Code 11 and 12 of *Michelia coriacea* were from the same population but different plants and years. Code 16 and 17 of *Michelia macclurei* var. *sublanea* were from different populations.

刘玉壶和吴容芬的划分标准判定^[26]。

1.2 实验和观测

直接将自然阴干的花粉洒于铜台的双面胶上, 喷金, 之后用扫描电镜观察拍照。根据照片, 观察花粉粒表面是否具脊, 在每个样本的单粒花粉表面随机选取 20 个 $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ 无重合的方形区域, 分别对各区域内的穴状小孔进行计数, 并用其与 $4\ \mu\text{m}^2$ 的面积之比计算密度; 花粉粒最长轴和最短赤道轴的长度通过对每个样本随机选取不重复的 20 粒花粉进行测量, 并用最长轴和最短赤道轴之比计算轴比; 统计计算所有数量性状的最大值、最小值、平均值、标准差以及变异系数。

2 结果与分析

2.1 花粉形态特征

通过扫描电子显微镜观察可看出, 含笑属植物的花粉粒均为两侧对称, 异极, 具 1 远极单沟萌发孔, 沟长几乎达两端; 极面观为椭圆形, 赤道面观为舟形。这些性状在 20 个含笑属植物的花粉粒样本中没有变化(图版 I, 1~20)。

观测的花粉粒表面特征包括是否具脊和穴状小孔密度。在 20 个花粉样本中有 7 个具脊(图版 II, 1, 8~10, 14~16), 13 个无脊(图版 II, 2~7, 11~13, 17~20)。其中, 含笑组仅峨眉含笑具脊, 肖含笑组均具脊, 双被组均无脊, 异被组除醉香含笑和采自昆明树木园的展毛含笑具脊外, 其余均无脊, 观光木组仅 1 种, 无脊。20 个花粉样本的穴状小孔密度为 $0.00 \sim 3.00$ 个/ μm^2 , 变异系数为 $35.46\% \sim 447.20\%$ (表 2)。其中, 含笑组的穴状小孔密度为 $0.00 \sim 2.00$ 个/ μm^2 , 变异系数为 $39.48\% \sim 447.20\%$; 肖含笑组的穴状小孔密度为 $0.00 \sim 2.00$ 个/ μm^2 , 变异系数为 $68.47\% \sim 111.80\%$; 双被组的穴状小孔密度为 $0.00 \sim 0.75$ 个/ μm^2 , 变异系数为 $220\% \sim 447.2\%$; 异被组的穴状小孔密度为 $0.00 \sim 3.00$ 个/ μm^2 , 变异系数为 $38.60\% \sim 308\%$; 观光木组仅 1 种, 穴状小孔密度为 $0.50 \sim 3.00$ 个/ μm^2 , 变异系数为 35.46% 。显然, 穴状小孔密度大小在组间有相互重叠。

2.2 花粉大小特征

通过测量, 可知各样本花粉粒的最长轴、最短赤道轴和轴比的范围、平均值、标准差及变异系数。由 20 个花粉粒样本的观测结果(表 2)可知, 含笑属花粉粒的最长轴长为 $30.69 \sim 58.02\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $2.85\% \sim 8.20\%$; 最短赤道轴长为 $15.29 \sim 31.29$

μm , 变异系数为 $4.29\% \sim 15.53\%$; 轴比为 $1.43 \sim 2.69$, 变异系数为 $2.53\% \sim 13.00\%$ 。其中, 含笑组的最长轴长为 $30.69 \sim 58.02\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $3.57\% \sim 8.20\%$; 最短赤道轴长为 $16.66 \sim 28.39\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $5.34\% \sim 8.67\%$; 轴比为 $1.43 \sim 2.63$, 变异系数为 $4.43\% \sim 10.92\%$ 。

肖含笑组的最长轴长为 $37.91 \sim 55.83\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $3.76\% \sim 7.35\%$; 最短赤道轴长为 $15.32 \sim 26.03\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $6.58\% \sim 11.71\%$; 轴比为 $1.79 \sim 2.69$, 变异系数为 $4.98\% \sim 9.59\%$ 。

双被组的最长轴长为 $37.64 \sim 45.76\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $2.85\% \sim 3.91\%$; 最短赤道轴长为 $15.29 \sim 23.73\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $4.29\% \sim 9.85\%$; 轴比为 $1.78 \sim 2.54$, 变异系数为 $3.45\% \sim 8.56\%$ 。

异被组的最长轴长为 $32.35 \sim 55.99\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $3.26\% \sim 6.62\%$; 最短赤道轴长为 $15.96 \sim 31.29\ \mu\text{m}$, 变异系数为 $4.59\% \sim 15.53\%$; 轴比为 $1.55 \sim 2.59$, 变异系数为 $5.02\% \sim 13.00\%$ 。

观光木组仅 1 种, 其最长轴长为 $40.74 \sim 48.95\ \mu\text{m}$, 变异系数为 4.91% ; 最短赤道轴长为 $20.38 \sim 24.09\ \mu\text{m}$, 变异系数为 5.27% ; 轴比为 $1.85 \sim 2.04$, 变异系数为 2.53% 。

在含笑属组间, 最长轴和最短赤道轴大小均有不同程度的相互重叠。

3 讨论

3.1 与前人研究的比较

将本研究的观测结果与前人^[17-24]的结果相比较后发现, 峨眉含笑、多脉含笑、蒿含笑、毛果含笑、南亚含笑、展毛含笑、阔瓣含笑和壮丽含笑等 8 个种的花粉粒形态为首次观测报道。

前人^[18-24]在描述花粉粒表面特征时, 常用纹饰来描述花粉粒表面具脊的情况。据笔者观察, 纹饰或脊可能由密集的穴状小孔相连而形成, 因此用具脊来描述这种情况更为合适。另外, 前人^[19, 22-23]不时观察到花粉粒表面存在具疣状物或小突起的情况。笔者观察后认为, 在高倍放大的照片中由于视角的原因使穴状小孔看起来如同小突起一般, 另外还有少数小突起则是花粉粒表面附着的异物。至于小穿孔密度, 仅 Zhang 等^[23]报道过含笑属其它 3 个种的平均值, 但从照片上可以看出, 它是客观存在的, 理应观测描述。

不同研究者观察到的同种含笑属植物, 其花粉粒的表面特征常存在不同程度的差异。例如在含笑

表 2 花粉粒表面特征和大小
Table 2 Surface characteristics and size of pollen

编号 Code	类群 Species	表面特征 Surface morphology				大小 Size							
		脊 Ridge	小穿孔密度 Density of perforations			最长轴 The longest axis				最短赤道轴 The shortest equatorial axis			
			范围 Range/ μm	均值±标准差 Average±SD μm	变异系数 CV/%	范围 Range/ μm	均值±标准差 Average±SD μm	变异系数 CV/%	范围 Range/ μm	均值±标准差 Average±SD μm	变异系数 CV/%	范围 Range/ μm	均值±标准差 Average±SD μm
1	南亚含笑 <i>M. doltsova</i>	无 None	0.00~0.75	0.10±0.22	220.60	37.03~44.45	40.79±1.80	4.41	16.66~22.91	20.08±1.74	8.67	1.75~2.33	2.04±0.17
2	南亚含笑 <i>M. doltsova</i>	无 None	0.00~2.00	0.30±0.55	182.57	30.69~43.47	38.29±3.14	8.20	19.34~26.02	22.18±1.82	8.20	1.43~2.21	1.74±0.19
3	多花含笑 <i>M. f loribunda</i>	无 None	0.25~1.75	1.03±0.40	39.48	34.6~39.42	36.75±1.72	4.68	16.82~19.78	18.14±0.97	5.35	1.91~2.31	2.03±0.09
4	毛果含笑 <i>M. spaerantha</i>	无 None	0.00~0.25	0.01±0.06	447.20	50.70~58.02	54.36±1.94	3.57	22.53~28.39	25.61±1.62	6.33	1.80~2.38	2.13±0.12
5	峨眉含笑 <i>M. wilsonii</i>	有 Have	0.00~0.75	0.10±0.22	220.60	43.45~51.78	46.73±2.18	4.67	18.45~22.11	20.22±1.08	5.34	2.03~2.63	2.31±0.13
6	葛眉含笑 <i>M. amabilis</i>	有 Have	0.00~1.25	0.54±0.42	78.81	41.07~53.57	46.42±3.41	7.35	17.81~26.03	21.33±1.82	8.53	1.79~2.61	2.19±0.21
7	含笑 <i>M. figo</i>	有 Have	0.00~2.00	0.66±0.45	68.47	48.57~55.83	51.77±2.27	4.38	21.42~25.83	23.25±1.53	6.58	1.94~2.42	2.21±0.11
8	云南含笑 <i>M. yunnanensis</i>	有 Have	0.00~0.75	0.21±0.23	109.79	37.91~49.04	44.65±2.90	6.49	15.32~23.39	19.64±2.30	11.71	1.86~2.69	2.29±0.19
9	云南含笑 <i>M. yunnanensis</i>	有 Have	0.00~0.75	0.20±0.22	111.80	46.24~51.25	48.69±1.83	3.76	18.30~23.13	20.71±1.62	7.82	2.03~2.67	2.36±0.17
10	乐昌含笑 <i>M. chaensis</i>	无 None	0.00~0.25	0.04±0.09	244.27	37.64~42.35	39.41±1.54	3.91	15.29~21.17	17.86±1.76	9.85	1.78~2.54	2.22±0.19
11	多脉含笑 <i>M. coriacea</i>	无 None	0.00~0.50	0.08±0.14	220.00	41.48~45.74	43.19±1.23	2.85	19.14~23.40	21.26±0.96	4.52	1.95~2.22	2.03±0.07
12	多脉含笑 <i>M. coriacea</i>	无 None	0.00~0.75	0.04±0.17	447.20	40.60~45.76	42.69±1.64	3.84	20.00~23.73	21.19±0.91	4.29	1.92~2.21	2.02±0.08
13	美毛含笑 <i>M. calopila</i>	无 None	0.00~1.00	0.45±0.34	75.62	49.04~54.74	51.72±1.70	3.29	19.24~24.21	21.71±1.31	6.03	2.09~2.55	2.39±0.12
14	壮丽含笑 <i>M. lacei</i>	无 None	0.25~3.00	1.24±0.70	56.95	45.71~55.99	49.98±3.31	6.62	19.62~31.29	22.80±3.54	15.53	1.55~2.59	2.23±0.29
15	醉香含笑 <i>M. macclurei</i>	有 Have	0.00~0.75	0.16±0.27	167.63	32.35~36.27	34.38±1.12	3.26	15.96~19.61	17.33±0.90	5.19	1.83~2.20	1.99±0.10
16	展毛含笑 <i>M. macclurei</i> var. <i>sublancea</i>	有 Have	0.00~1.75	0.51±0.45	87.38	42.85~48.41	45.60±1.88	4.12	17.93~23.80	20.35±1.79	8.80	1.93~2.54	2.25±0.15
17	展毛含笑 <i>M. macclurei</i> var. <i>sublancea</i>	无 None	0.00~0.25	0.03±0.08	308.00	41.03~46.88	44.32±1.98	4.47	17.58~25.62	21.36±2.49	11.66	1.80~2.49	2.09±0.20
18	深山含笑 <i>M. maudiae</i>	无 None	0.25~2.00	1.10±0.42	38.60	43.60~49.64	46.99±2.02	4.30	20.30~25.59	23.35±1.87	8.01	1.88~2.33	2.02±0.14
19	阔瓣含笑 <i>M. platypetala</i>	无 None	0.00~0.75	0.10±0.21	205.20	32.53~41.56	37.45±2.25	6.01	18.17~21.16	20.03±0.92	4.59	1.64~2.07	1.87±0.15
20	观光木 <i>M. odorum</i>	无 None	0.50~3.00	1.50±0.53	35.46	40.74~48.95	44.38±2.18	4.91	20.38~24.09	22.39±1.18	5.27	1.85~2.04	1.98±0.05

花(*Michelia figo*)中,笔者和邵邻相等^[19]均观察到花粉粒表面具脊,而张新华等^[22]和 Zhang 等^[23]则观察到花粉粒表面无脊。不同研究者观察到的同种含笑属植物,其花粉粒大小也存在不同程度的差异。以含笑花为例,在最长轴方面,笔者观察到的范围为 48.57~55.83 μm ,张新华等^[22-23] 51~58 μm 和 50.4~58.0 μm ,邵邻相等^[19] 为 37.0~53.5 μm ;在最短赤道轴方面,笔者观察到的范围为 21.42~25.83 μm ,张新华等^[22-23] 为 18~25 μm 和 16.8~22.0 μm ,邵邻相等^[19] 为 32.3~45.7 μm 。这些差异可能来自居群、个体、环境条件或成熟度等原因,但限于目前的资料,难以进一步分析。因此,进一步针对更多不同居群、个体、环境条件和成熟度的花粉粒进行研究,会更全面地掌握含笑属植物花粉粒的变异情况,为含笑属植物的研究提供更多的孢粉学资料,从而更准确地评价其分类学价值,而且还可能揭示含笑属植物花粉粒变化与周围环境变化的关系,以及含笑属植物花粉粒的发育规律。

3.2 系统分类学意义

综合所有研究者的结果可以看出,含笑属植物花粉粒均为两侧对称,异极,具 1 远极单沟萌发孔,沟长几乎达两端;极面观为椭圆形,赤道面观为舟

形。目前看来,这些形态在含笑属内是稳定的,因此这些形态不存在属下水平的分类学价值。

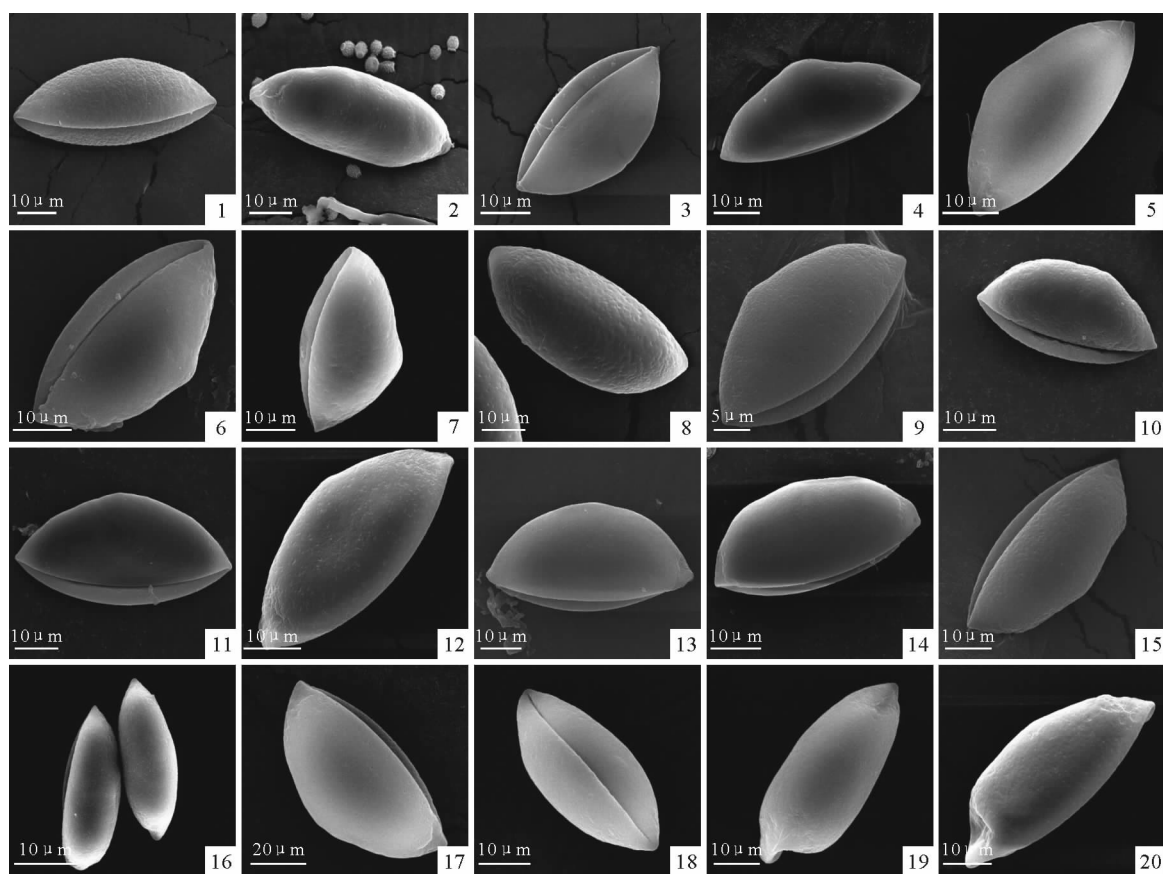
从表面特征(表 2)看,来自不同居群的展毛含笑在是否具脊这一性状上存在种内变异,说明该性状在种内并不稳定,因此该性状不存在种及种上等级的分类学价值。在穴状小孔密度这一性状方面,毛果含笑(0.00~0.25 个/ μm^2)、乐昌含笑(0.00~0.25 个/ μm^2)与观光木(0.50~3.00 个/ μm^2)在数值上有间隔,因此就现有数据来看,该性状具有一定的种间分类学价值。而该性状在组间均存在相互重叠,因此该性状不存在组间的分类学价值。

综合所述,最长轴长度这一性状可以用来区分部分种,具有一定的种间分类学价值。例如阔瓣含笑(32.53~41.56 μm)和毛果含笑(50.70~58.02 μm),它们的最长轴长度在数值上无重叠,可以完全区分开。而该性状在组间均存在相互重叠,因此该性状不存在组间的分类学价值。另外,最短赤道轴长度和轴比这两个性状也同样具有一定的种间分类学价值且不存在组间分类学价值,只是这两个性状能区分开的种较最长轴长度这一性状要少,由此也可以认为,花粉最长轴长度这一性状具有较最短赤道轴长度和轴比更高的种间分类学价值。

参考文献:

- [1] LI Y Y(李玉媛), LI D X(李达孝). Conservation value and exploitation foreground of the Magnoliaceae plants in Yunnan[J]. *Journal of Beijing Forestry University* (北京林业大学学报), 1999, 21(3): 29-35 (in Chinese).
- [2] SIMA Y K(司马永康). Some notes on Magnolia subgenus *Michelia* from China[J]. *Yunnan Forestry Science and Technology* (云南林业科技), 2001, (2): 29-35, 40 (in Chinese).
- [3] MING J(明 军), GU W CH(顾万春). Research advances on *Michelia* Linn. in China[J]. *Journal of Central South Forestry University* (中南林业学院学报), 2004, 24(5): 147-152 (in Chinese).
- [4] SIMA Y K, LU S G. A new system for the family magnoliaceae[C]//XIA N H. Proceedings of the Second International Symposium on the Family Magnoliaceae. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology Press, 2012: 55-71.
- [5] 司马永康. 中国木兰科植物的分类学修订[D]. 昆明: 云南大学, 2011.
- [6] LIU Y H(刘玉壶). A preliminary study on the taxonomy of the family Magnoliaceae[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 1984, 22(2): 89-109 (in Chinese).
- [7] 刘玉壶. 木兰科[M]//中国科学院中国植物志编辑委员会, 中国植物志(30(1)). 北京: 科学出版社, 1996: 82-198.
- [8] NOOTEBOOM H P. Notes on Magnoliaceae with a revision of *Pachylarnax* and *Elmerrillia* and the Malesian species of *Manglietia* and *Michelia*[J]. *Blumea*, 1985, 31(1): 65-121.
- [9] NOOTEBOOM H P. Magnoliaceae[M]//KUBITZKI K. The families and genera of vascular plants(II). Berlin: Springer-Verlag, 1993: 391-401.
- [10] NOOTEBOOM H P. The tropical Magnoliaceae and their classification[M]//HUNT D. Magnolias and their allies. International Dendrology Society: The Magnolia Society, 1998: 71-80.
- [11] NOOTEBOOM H P. Different looks at the classification of the Magnoliaceae[M]//LIU Y H. Proceeding of the international symposium on the family Magnoliaceae, Beijing: Science Press, 2000: 26-37.
- [12] CHEN B L, NOOTEBOOM H P. Notes on Magnoliaceae III: The Magnoliaceae of China[J]. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 1993, 80(4): 999-1104.
- [13] 司马永康. 木兰科[M]//李玉媛. 云南国家重点保护野生植物. 昆明: 云南科技出版社, 2005: 199-244.
- [14] FIGLAR R B, NOOTEBOOM H P. Notes on Magnoliaceae IV[J]. *Blumea*, 2004, 49(1): 87-100.
- [15] 刘玉壶, 夏念和. 木兰科[M]//中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志(16). 北京: 科学出版社, 2006: 1-63.
- [16] WALKER J W. Comparative pollen morphology and phylogeny of the Ranalean complex[M]//BECK C B. Origin and Early Evolution of Angiosperms. New York: Columbia Univ Press, 1976: 241-299.

- [17] PRAGLOWSKI J. World pollen and spore flora[J]. *Stockholm:Almqvist & Wiksell*, 1974, 3:1—44.
- [18] LIN X CH(林新春), YU ZH X(俞志雄). The pollen morphology of 9 species from Magnoliaceae[J]. *Journal of Zhejiang Forestry College* (浙江林学院学报), 2003, 20(4): 353—356(in Chinese).
- [19] SHAO L X(邵邻相), ZHANG J M(张佳美). SEM investigation on structure and shape of pollen in several ornamental plants[J]. *Journal of Zhejiang Normal University* (浙江师范大学学报), 2004, 27(2): 162—165(in Chinese).
- [20] XU F X(徐凤霞), WU Q G(吴七根). Pollen morphology of paramichelia and tsoongiodedron from China[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 1995, 15(6): 47—49(in Chinese).
- [21] XU F X(徐凤霞). Pollen morphology of several species from *Michelia* (Magnoliaceae)[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), 1999, 17(4): 303—306(in Chinese).
- [22] ZHANG X H(张新华), XIA N H(夏念和). Pollen morphology of *Michelia* and its systematic significance[J]. *Guihaia* (广西植物), 2008, 28(3): 311—316(in Chinese).
- [23] ZHANG X H, JAIME A, DUAN J, *et al.* Pollen morphology of Magnolioideae in China and its taxonomic implications[J]. *Scientia Horticulturae*, 2014, 176: 170—179.
- [24] XU F X, BRUCE K. Pollen morphology and ultrastructure of selected species of Magnoliaceae[J]. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2008, (150): 140—153.
- [25] KIM S, SUH Y. Phylogeny of Magnoliaceae based on ten chloroplast DNA regions[J]. *Journal of Plant Biology*, 2013, 56(5): 290—305.
- [26] LIU Y H(刘玉壶), WU R F(吴容芬). Materials for Chinese Magnoliaceae[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 1996, 34(1): 87—91(in Chinese).

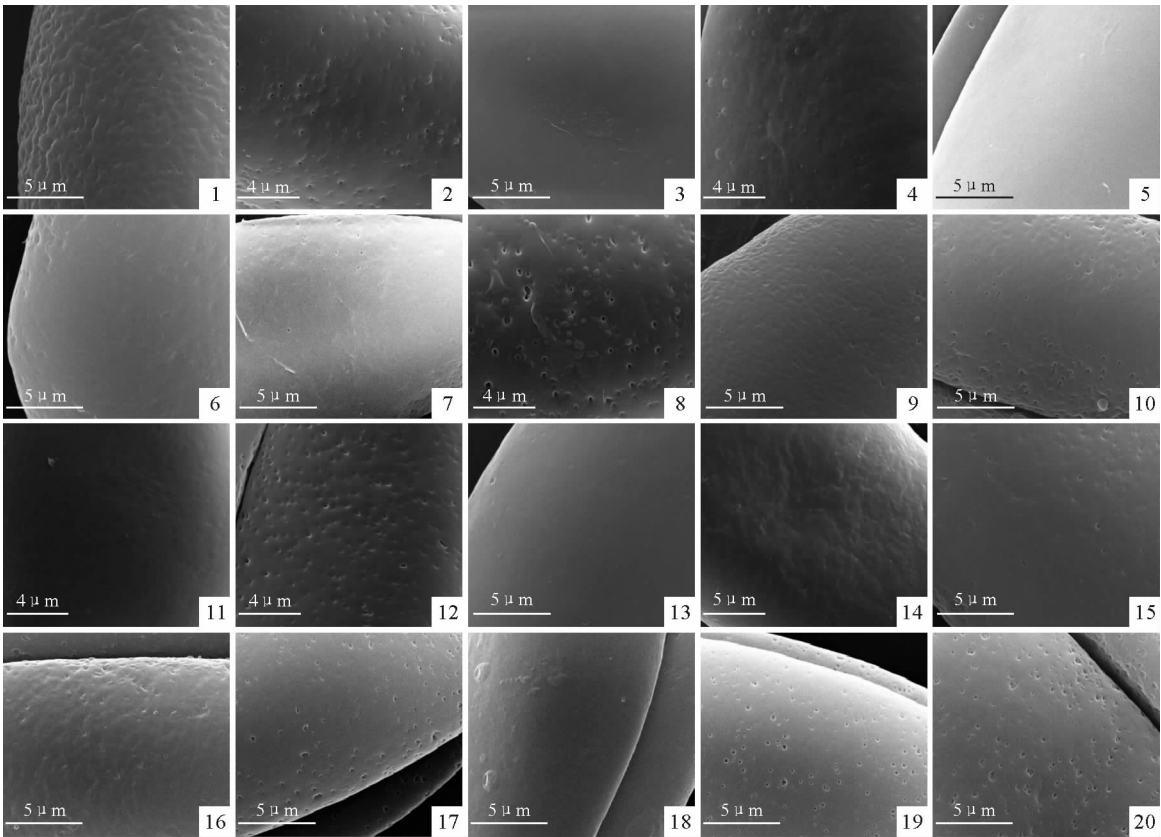


图版 I 扫描电镜下花粉整粒形态

1. 葛和含笑; 2. 美毛含笑; 3. 乐昌含笑; 4, 5. 多脉含笑; 6, 7. 南亚含笑; 8. 含笑; 9. 醉香含笑; 10, 11. 展毛含笑; 12. 观光木; 13. 毛果含笑; 14. 峨眉含笑; 15, 16. 云南含笑; 17. 多花含笑; 18. 阔瓣含笑; 19. 深山含笑; 20. 壮丽含笑。

Plate I Whole pollen morphology under SEM

Fig. 1. *Michelia amabilis*; Fig. 2. *Michelia caloptila*; Fig. 3. *Michelia chapensis*; Fig. 4, 5. *Michelia coriacea*; Fig. 6, 7. *Michelia doltsopa*; Fig. 8. *Michelia figo*; Fig. 9. *Michelia macclurei*; Fig. 10, 11. *Michelia macclurei* var. *sublancea*; Fig. 12. *Michelia odora*; Fig. 13. *Michelia spaerantha*; Fig. 14. *Michelia wilsonii*; Fig. 15, 16. *Michelia yunnanensis*; Fig. 17. *Michelia floribunda*; Fig. 18. *Michelia platypetala*; Fig. 19. *Michelia maudiae*; Fig. 20. *Michelia lacei*.



图版 II 扫描电镜下花粉局部形态

1. 葛和含笑; 2. 美毛含笑; 3. 乐昌含笑; 4、5. 多脉含笑; 6、7. 南亚含笑; 8. 含笑; 9. 醉香含笑; 10、11. 展毛含笑; 12. 观光木; 13. 毛果含笑; 14. 峨眉含笑; 15、16. 云南含笑; 17. 多花含笑; 18. 阔瓣含笑; 19. 深山含笑; 20. 壮丽含笑。

Plate II Part pollen morphology under SEM

Fig. 1. *Michelia amabilis*; Fig. 2. *Michelia calopectila*; Fig. 3. *Michelia chapensis*; Fig. 4, 5. *Michelia coriacea*; Fig. 6, 7. *Michelia doltsopa*; Fig. 8. *Michelia figo*; Fig. 9. *Michelia macclurei*; Fig. 10, 11. *Michelia macclurei* var. *sublanaea*; Fig. 12. *Michelia odora*; Fig. 13. *Michelia spaerantha*; Fig. 14. *Michelia wilsonii*; Fig. 15, 16. *Michelia yunnanensis*; Fig. 17. *Michelia floribunda*; Fig. 18. *Michelia platypetala*; Fig. 19. *Michelia maudiae*; Fig. 20. *Michelia lacei*.

(编辑:潘新社)